|  |  |
| --- | --- |
| Группа Б 2.2 | К работе допущен |
| Студент Румянцев Алексей | Работа выполнена |
| Преподаватель Боярский К. К. | Отчет принят |

**Рабочий протокол и отчет по  
лабораторной работе №1.10**

Исследование вынужденных крутильных колебаний с регулируемым затуханием с помощью маятника Поля

1. Цель работы.

* 1. Изучение характеристик свободных и вынужденных колебаний на примере маятника Поля

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

* 1. Определение периода колебаний маятника
  2. Исследование свободных затухающих колебаний
  3. Исследование вынужденных колебаний

3. Объект исследования.

Маятник поля

4. Метод экспериментального исследования.

Прямые многократные измерения

5. Исходные данные.

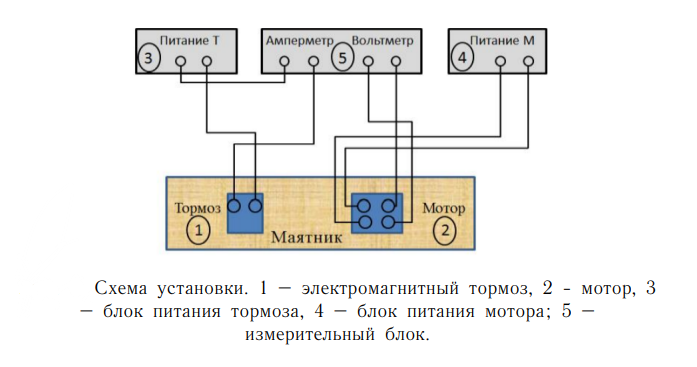
– доверительная вероятность для коэффициента Стьюдента

6. Измерительные приборы.

Таблица 1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Тип прибора* | *Используемый диапазон* | *Погрешность прибора* |
| *1* | Секундомер | Цифровой | 0…60 с | 0,01 с |

7. Схема экспериментальной установки.



8. Результаты прямых измерений и их обработки.

Таблица 2. Измерение периода свободных колебаний маятника, – время полных колебаний

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *№* п. п | *,* | *,* |  |
| *1* | 17,770 | 17,817 | 1,782 |
| *2* | 17,870 |
| *3* | 17,810 |

Таблица 3. Зависимость амплитуды колебаний маятника от номера колебания при свободных колебаниях с разным затуханием

Найдем значения добротности по формуле и запишем в таблицу

По графику 2 найдем погрешности логарифмического декремента затухания , коэффициента затухания и добротности

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *,* |  | *,* | | | | | | | | | | | |  | |  | |  | |
|  |  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  | |  | |  | |
| 0 | *,* дел | 19 | 18,700 | 18,300 | 18 | 17,600 | 17,400 | 17 | 16,700 | 16,400 | 16 | 15,500 |  | |  | |  | |
|  |  | 0 | 0,016 | 0,038 | 0,054 | 0,077 | 0,088 | 0,111 | 0,129 | 0,147 | 0,172 | 0,204 | 0,020 | | 0,011 | | 154,303 | |
| 200 | *,* дел | 19 | 17,600 | 16,400 | 15,200 | 13,800 | 12,500 | 11,600 | 10,400 | 9,400 | 8,600 | 7,800 |  | |  | |  | |
|  |  | 0 | 0,077 | 0,147 | 0,223 | 0,320 | 0,419 | 0,493 | 0,603 | 0,704 | 0,793 | 0,890 | 0,089 | | 0,050 | | 35,286 | |
| 400 | *,* дел | 19 | 14,600 | 11,200 | 8,800 | 6,800 | 5,200 | 3,800 | 2,800 | 1,400 | 1 | 0,600 |  | |  | |  | |
|  |  | 0 | 0,263 | 0,529 | 0,770 | 1,028 | 1,296 | 1,609 | 1,915 | 2,608 | 2,944 | 3,455 | 0,346 | | 0,194 | | 9,092 | |

Таблица 4. Зависимость частоты возбуждения вынужденных колебаний от напряжения на моторе

*–* максимальное отклонение маятника в статическом режиме

Напряжение, соответствующее резонансной частоте возбуждения, определяется по такой частоте, амплитуда от которой будет наибольшей. Резкое возрастание амплитуды (резонанс) происходит вследствие слабого затухания вынужденных колебаний . Выберем наименьший коэффициент затухания . На графике АЧХ для этого коэффициента затухания максимальная амплитуда . Определим значение частоты для этой амплитуды – . Подставим это значение в формулу для графика 3 и найдем напряжение, соответствующее резонансной частоте возбуждения вольт

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *,* В | 7,500 | 8,000 | 8,500 | 9,000 |
|  | 5 | | | 10 |
| *,* с | 9,080 | 8,610 | 8,140 | 15,300 |
| *,* с | 1,790 | 1,640 | 1,550 | 1,300 |
|  | 3,510 | 3,831 | 4,054 | 4,833 |

Таблица 5. Зависимость амплитуды вынужденных колебаний от частоты возбуждения

По графику 4 определим и запишем в таблицу значения для каждого коэффициента затухания

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *,* В |  |  | *,* | 0 | 200 | 400 |
| 0,0 | 0,000 | 0,000 |  | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 7,0 | 3,186 | 0,903 | 2,900 | 2,600 | 1,900 |
| 7,1 | 3,274 | 0,928 | 3,200 | 3,100 | 1,900 |
| 7,2 | 3,305 | 0,937 | 3,600 | 3,400 | 2,000 |
| 7,3 | 3,324 | 0,943 | 4,800 | 4,200 | 2,400 |
| 7,4 | 3,343 | 0,948 | 6,600 | 5,200 | 2,800 |
| 7,5 | 3,531 | 1,001 | 9,600 | 6,200 | 3,000 |
| 7,6 | 3,550 | 1,007 | 13,200 | 8,400 | 3,400 |
| 7,7 | 3,550 | 1,007 | 19,200 | 11,600 | 3,600 |
| 7,8 | 3,588 | 1,017 | - | 10,200 | 3,400 |
| 7,9 | 3,651 | 1,035 | 8,200 | 7,000 | 3,000 |
| 8,0 | 3,638 | 1,032 | 5,800 | 4,600 | 2,800 |
| 8,1 | 3,676 | 1,042 | 5,000 | 4,000 | 2,400 |
| 8,2 | 3,738 | 1,060 | 4,400 | 3,400 | 2,200 |
| 8,3 | 3,808 | 1,080 | 3,400 | 3,000 | 2,000 |
| 8,4 | 3,952 | 1,121 | 3,000 | 2,600 | 1,900 |
| 8,5 | 4,028 | 1,142 | 2,600 | 2,200 | 1,800 |
| 8,6 | 4,109 | 1,165 | 2,200 | 2,000 | 1,700 |
| 8,7 | 4,159 | 1,179 | 2,000 | 1,900 | 1,600 |
| 8,8 | 4,216 | 1,195 | 2,000 | 1,700 | 1,500 |
| 8,9 | 4,247 | 1,204 | 1,800 | 1,600 | 1,400 |
| 9,0 | 4,273 | 1,212 | 1,700 | 1,400 | 1,300 |
|  | - | - | - | 19,200 | 11,600 | 3,600 |
|  | - | - | - | 43,755 | 10,007 | 2,582 |
|  | - | - | - | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

9. Расчет результатов косвенных измерений.

Используя данные таблицы 2 и формулу , выразим и найдем собственную циклическую частоту маятника

Найдем добротность по АЧХ вынужденных колебаний для каждого из коэффициентов затухания: , ,

10. Расчет погрешностей измерений.

Используя формулу , коэффициент Стьюдента и количество измерений найдем погрешность измерения периода

Аналогично нахождению погрешности измерения периода найдем погрешность измерения циклической частоты

11. Графики.

График 1. Зависимости амплитуды колебаний от времени для разных токов электромагнитного тормоза

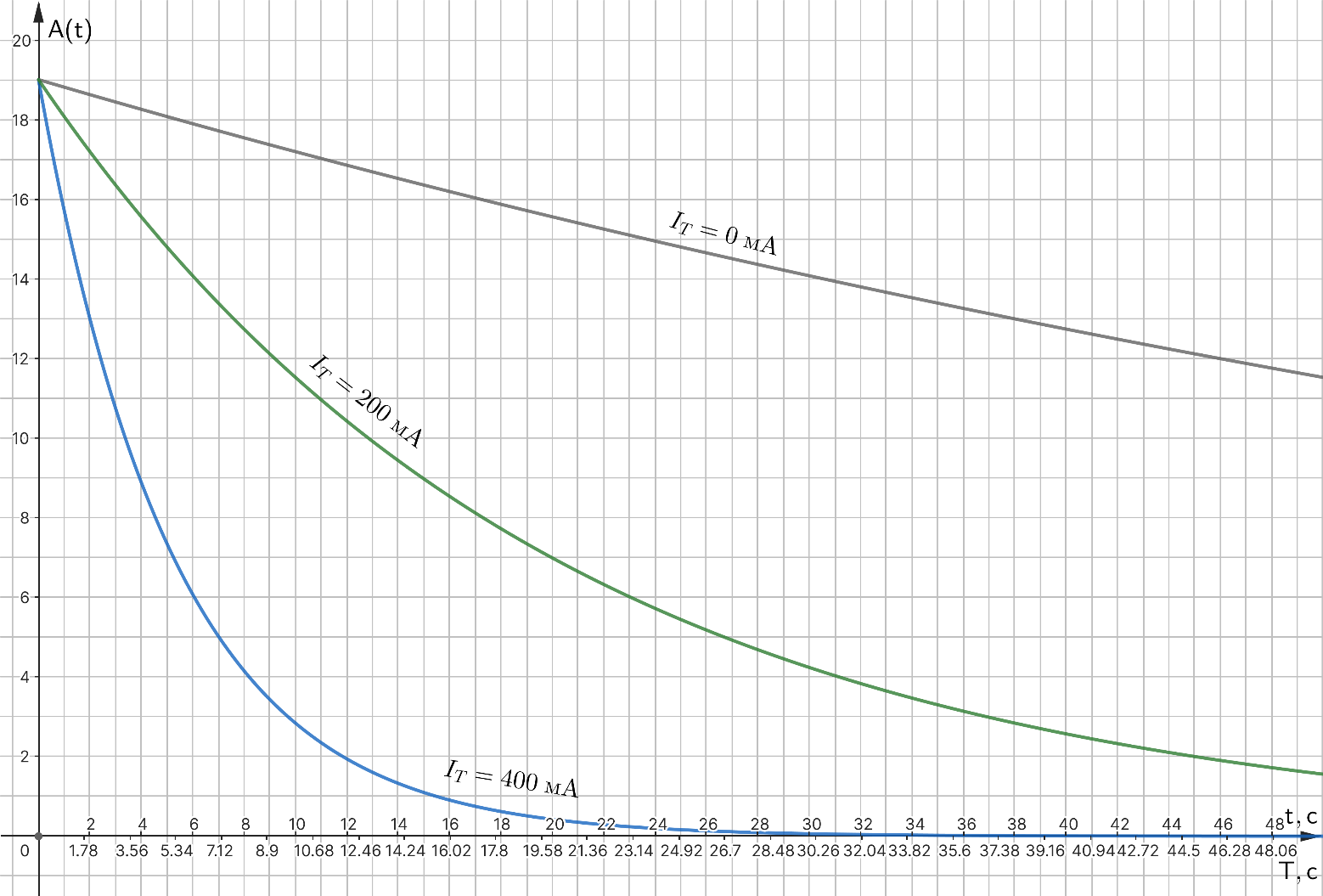


График 2. для расчета

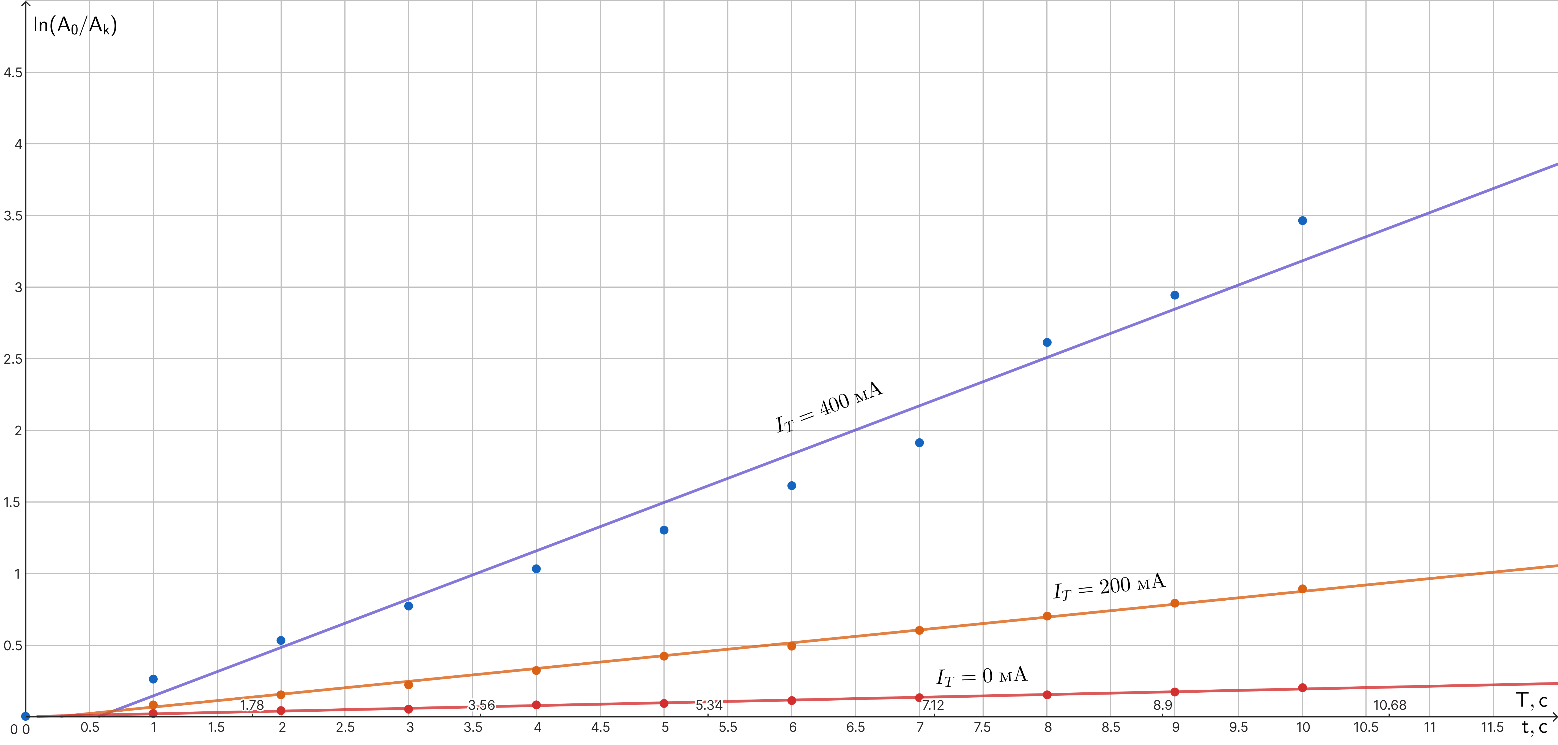


График 3. Градуировочный график

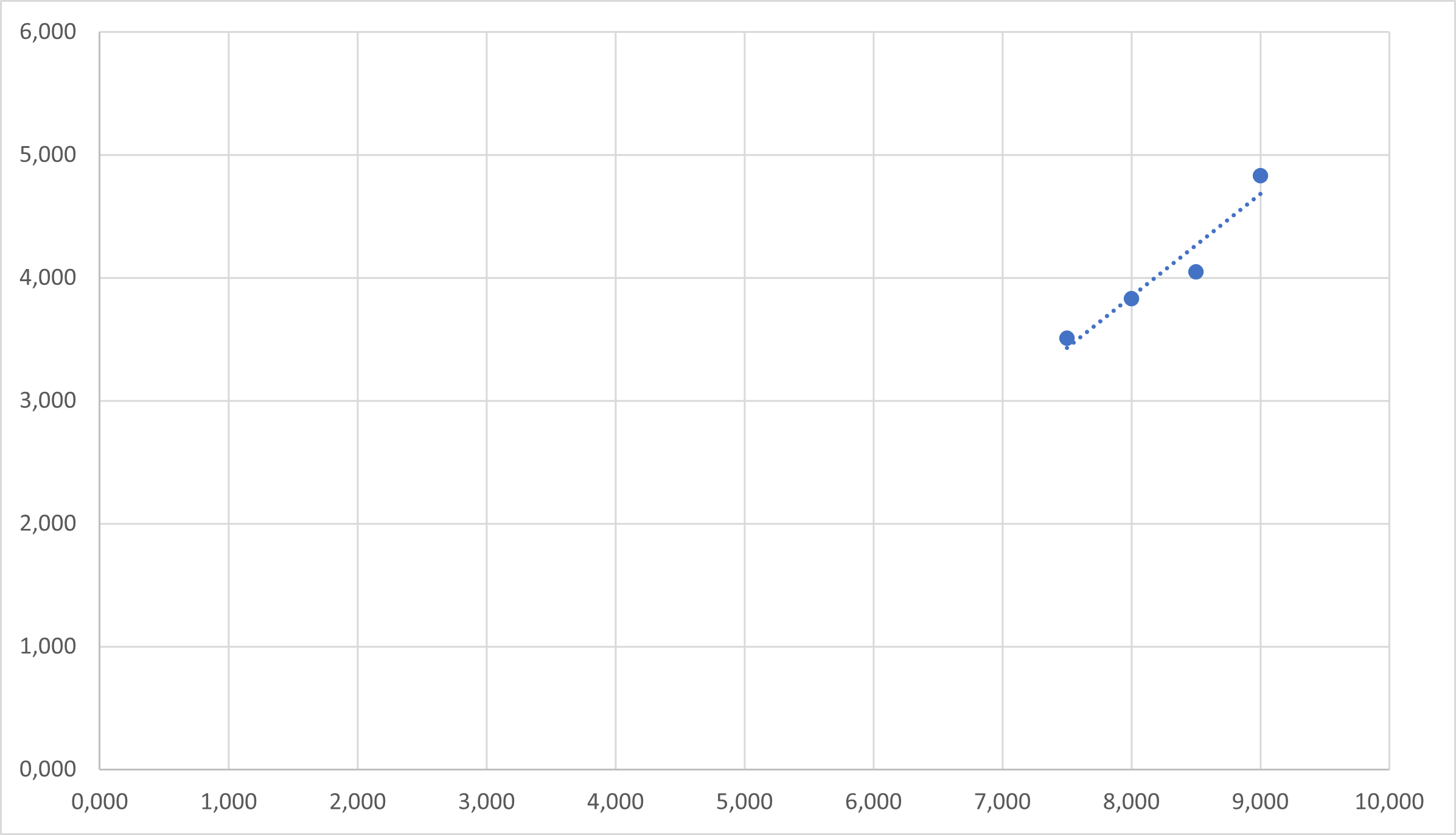


График 4. Зависимость амплитуды от частоты (АЧХ) для трех коэффициентов затухания

Зеленый набор точек –

Синий набор точек –

Фиолетовый набор точек –

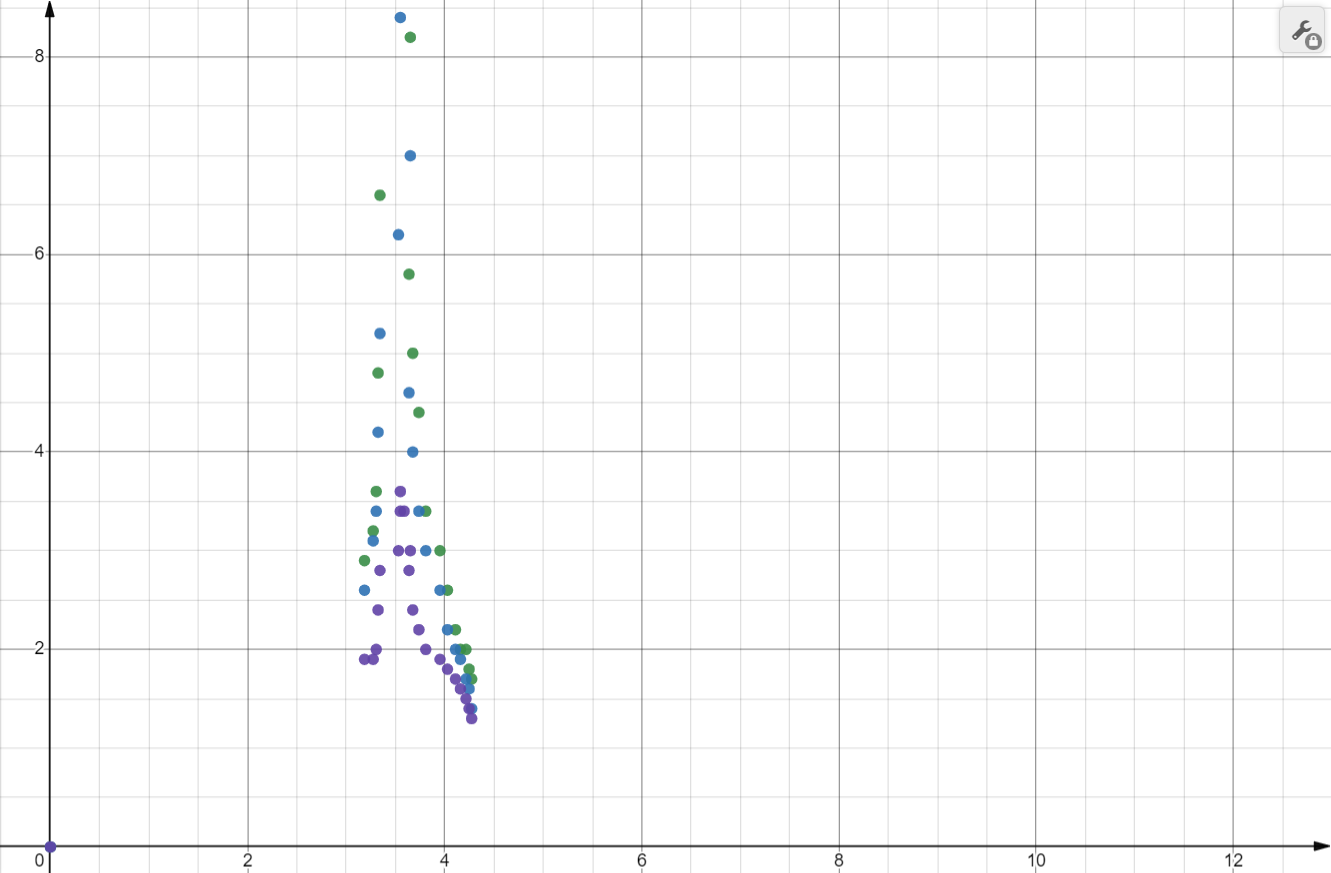
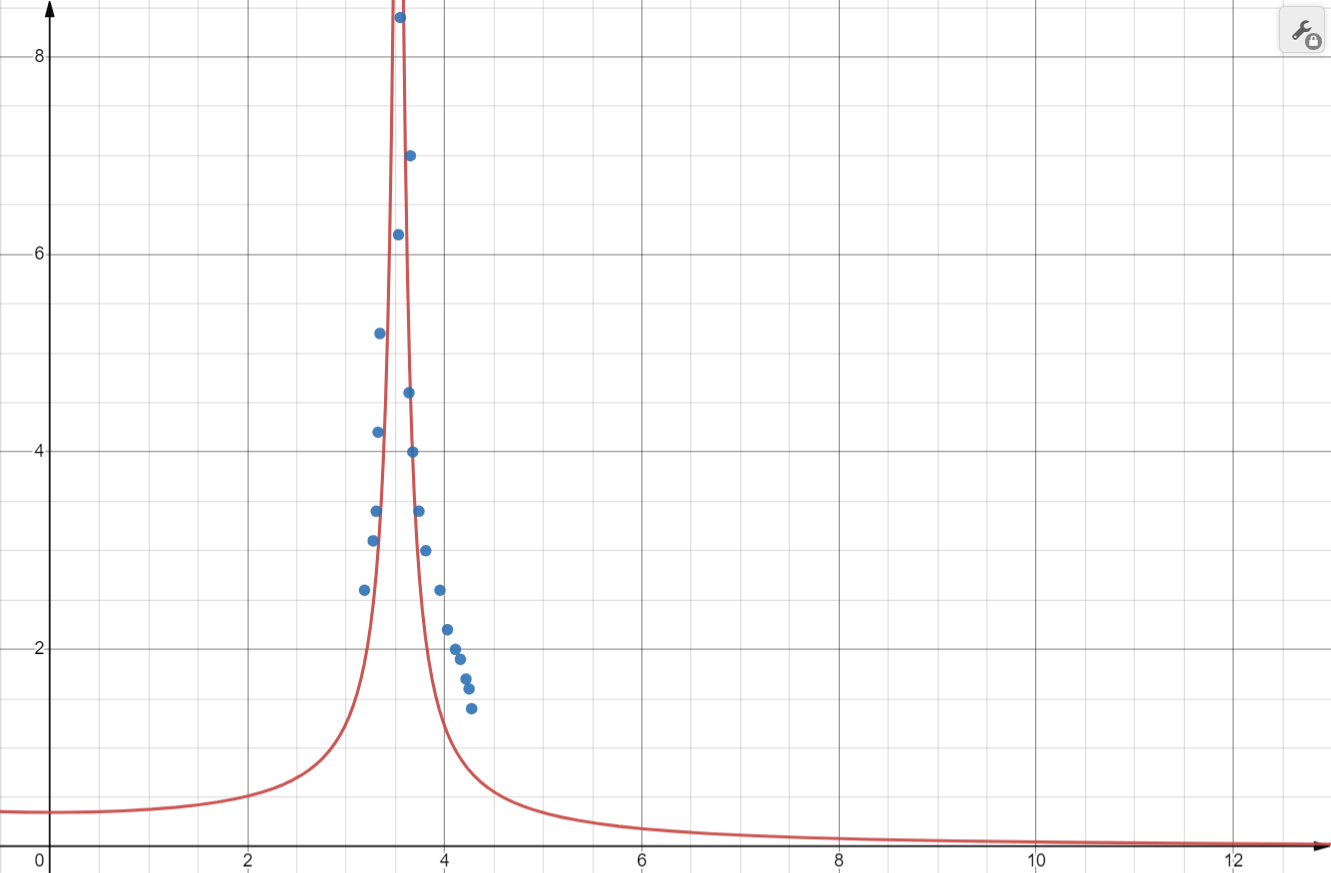


График 5. Сравнение теоретической и экспериментальной АЧХ для



12. Окончательные результаты.

Период свободных колебаний маятника

Погрешность измерения периода свободных колебаний маятника

Циклическая частота свободных колебаний маятника

Погрешность измерения частоты свободных колебаний маятника

Логарифмический декремент затухания для силы тока:

1. ,
2. ,
3. ,

Коэффициент затухания для силы тока:

1. ,
2. ,
3. ,

Добротность колебательной системы по коэффициенту затухания для силы тока:

1. ,
2. ,
3. ,

Добротность колебательной системы по АЧХ вынужденных колебаний для силы тока:

1. ,
2. ,
3. ,

13. Выводы и анализ результатов работы.

В результате проведения эксперимента и последующего анализа полученных данных были построены графики теоретической амплитудно-частотной характеристики и экспериментальной АЧХ для коэффициента затухания . Сравнение графиков показало небольшое отличие экспериментального графика от теоретического, следовательно эксперимент можно считать успешным (цели достигнуты). Также была вычислена добротность по коэффициенту затухания и по АЧХ вынужденных колебаний. Сравнение значений привело нас к выводу, что разные условия эксперимента могут привести к различным значениям добротности. В данном случае первый эксперимент изучает поведение системы только по затухающим колебаниям, то есть без воздействия внешних возмущений (измерение добротности основано на скорости затухания колебаний), а второй эксперимент изучает поведение системы при возбуждении внешней силой, т. е. колебания маятника могут быть поддерживаемыми и усиленными внешней силой (измерение добротности происходит путем изучения поведения системы при возбуждающем воздействии с определенной частотой. Значение добротности в этом случае определяет способность системы поддерживать амплитуду колебаний на заданной частоте)